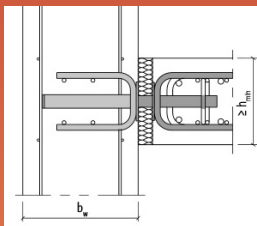


**С. Ю. ПЛЕШКОВ  
В. ЧЕРКАС  
Н. Г. ПАВЛОВ**

# РАСЧЕТ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ АНКЕРНОЙ СИСТЕМЫ SCHÖCK DORN

Учебно-методическое пособие



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б. Н. ЕЛЬЦИНА

С. Ю. Плешков  
В. Черкас  
Н. Г. Павлов

# РАСЧЕТ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ АНКЕРНОЙ СИСТЕМЫ SCHÖCK DORN

Учебно-методическое пособие

Рекомендовано методическим советом УрФУ  
для студентов, обучающихся по программе магистратуры  
по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство»

Екатеринбург  
Издательство Уральского университета  
2017

УДК 691:699.86(075.8)  
ПЗ8

**Рецензенты:**

кафедра эксплуатации транспортных и технологических машин  
Уральского государственного аграрного университета  
(заведующий кафедрой кандидат технических наук,  
профессор А. Н. Зеленин)

М. В. Плетнев, кандидат технических наук,  
главный конструктор ООО «ТЕХКОН»

**Научный редактор:**

А. В. Некрасов, кандидат технических наук,  
доцент кафедры гидравлики Строительного института УрФУ

**Плешков, С. Ю.**

ПЗ8      Расчет энергоэффективной анкерной системы Schöck Dorn :  
учеб.-метод. пособие / С. Ю. Плешков, В. Черкас, Н. Г. Павлов ;  
[науч. ред. А. В. Некрасов] ; М-во образования и науки Рос. Фе-  
дерации, Урал. федер. ун-т. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-  
та, 2017. — 60 с.

ISBN 978-5-7996-2079-0

В учебно-методическом пособии представлен эксклюзивный материал о конструкциях, методах расчета, разновидностях анкерных систем Schöck Dorn. Инструкция по монтажу предоставлена компанией Schöck Bauteile GmbH и используется с ее разрешения. Большой объем научной информации, прилагаемый алгоритм расчета помогут магистрантам выполнить лабораторную работу по дисциплине «Энергоэффективность в строительстве».

УДК 691:699.86(075.8)

ISBN 978-5-7996-2079-0

© Уральский федеральный университет, 2017

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Анкером называют крепежное изделие, предназначенное для крепления строительных конструкций и оборудования [1].

В строительной механике принято употреблять термин «крепление», при этом часть строительной конструкции, к которой необходимо прикрепить деталь, называется основанием [2]. Для строительных оснований, таких как бетон, кирпич, природный камень и т. п., требуются крепежные детали — анкеры. При установке конического или пружинного штифта, формирующего соответствующее соединение, нормальная реакция опоры создает прижимную силу, которая не позволяет внешним силам смещать штифт из подготовленного отверстия; чем больше эта сила, тем надежнее соединение. Установка анкера в строительное основание также призвана обеспечить надежность крепления.

Для того чтобы эффективно выполнять все работы, связанные с креплениями строительных конструкций, необходимо правильно подобрать нужные крепежи и иметь представление об их предназначении.

В России работает довольно много компаний, изготавливающих и реализующих на рынке различные анкерные системы, некоторые из них представлены на рис. 1. Они используются при строительстве аэропортов, спортивных объектов, метро, объектов энергетики; при реконструкции и реставрации зданий и сооружений; при возведении портов, терминалов, гидротехнических сооружений и пр.

Компаний, производящих и поставляющих анкерные системы из-за рубежа, в России также довольно много. Однако ни одна из них не предлагает строительным организациям анкерные

системы, которые давали бы максимальный эффект в энергоэффективном строительстве. Исключение — немецкая компания Schöck.



Рис. 1. Варианты анкерных систем, используемых в строительстве

В данном учебно-методическом пособии рассматривается решение проблемы устройства подвижных соединений в зоне температурно-усадочных швов, которые разделяют здание или отдельные его участки для предотвращения повреждений, вызываемых различными деформациями, и обеспечивают свободное деформирование элементов строительной конструкции в нужном направлении. Решение достигается путем применения анкерной системы Schöck Dorn, которая допускает горизонтальное перемещение строительных конструкций, обеспечивает передачу вертикальных нагрузок, имеющих деформационный шов, а также позволяет воспринимать значительные поперечные усилия подвижных соединений в зоне температурно-деформационных швов железобетонных конструкций.

Анкеры Schöck Dorn для температурно-деформационных швов имеют ряд преимуществ: легкость монтажа, устойчивость к коррозии, простоту конструкции, высокую несущую способность, долговечность. Они представляют собой готовые для монтажа закладные детали для устройства подвижных соединений в зоне температурно-деформационных швов [3]. Данное решение позволяет избежать установки двойных колонн и дополнительных консолей, что ускоряет строительство, упрощает отделку и помогает выиграть дополнительные площади в строящемся объекте. Этим определяется энергоэффективность анкерной системы Schöck Dorn.

В учебно-методическом пособии приводятся учебно-справочная информация и методика расчета именно анкерной системы Schöck Dorn, прекрасно зарекомендовавшей себя на мировом рынке при строительстве энергоэффективных зданий<sup>1</sup> и пассивных домов<sup>2</sup> в частности.

Изучив теоретический материал, в последней главе учебно-методического пособия студенты найдут примеры расчетов анкерной системы Schöck Dorn и пошаговую инструкцию по пользованию компьютерной программой, которую необходимо применить при выполнении лабораторной работы «Расчет энергоэффективной анкерной системы Schöck Dorn».

Авторы учебно-методического пособия выражают сердечную благодарность и признательность немецкой компании Schöck Bauteile GmbH (Vimbucher Straße 2, 76534 Baden-Baden) за эксклюзивный материал по конструкциям, методам расчета анкерной системы Schöck Dorn, а также инструкциям по ее установке при выполнении строительных работ.

---

<sup>1</sup> Под *энергоэффективным* понимают такое здание, в котором эффективное использование энергоресурсов достигается за счет применения инновационных решений, которые осуществимы технически, обоснованы экономически, приемлемы с экологической и социальной точек зрения и не изменяют привычного образа жизни [4].

<sup>2</sup> Автор идеи «пассивного дома» (passive house) доктор Вольфганг Файст рассматривает созданную им концепцию следующим образом: «*Пассивный дом* — это здание, в котором тепловой комфорт может быть достигнут путем дополнительного нагрева или охлаждения небольшого количества приточного воздуха, который требуется для достижения нормируемых характеристик качества воздуха, без необходимости дополнительной рециркуляции воздуха» [5].

## Глава 1

# ПОНЯТИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ШВОВ

### 1.1. Предназначение деформационного шва

Деформационный шов — одно из базовых понятий в современных строительных технологиях. Для чего он нужен в строительстве?

Любой конструктивный элемент здания в процессе своей работы в конструкции несет определенную силовую нагрузку. И она не всегда связана с сейсмическими колебаниями или весом здания. Деформационный шов позволяет компенсировать внутренние напряжения, возникающие в конструктивных элементах здания вследствие их деформации. Он создает заданную прочность строительной конструкции, устойчивость, обеспечивает ее долговечность и безопасность при эксплуатации.

Деформационные швы применяются при строительстве мостов, зданий и сооружений, при выполнении элементов внутренней отделки. Конструкция деформационного шва представляет собой разрез, разделяющий сооружение на две и более частей, на секции. Размер секций и направление деления — вертикальное или горизонтальное — определяются проектным решением и силовым расчетом статических и динамических нагрузок.

Различают несколько типов и разновидностей деформационных швов [6]: температурные, осадочные, антисейсмические, усадочные, изоляционные, конструкционные. Весьма актуальной проблемой строительной физики уже долгое время является неравномерное расширение различных материалов при нагревании и их сужение при остывании [7]. Так, например, коэффициенты

температурного расширения стали и дерева отличаются в несколько раз. Этим обосновывается механическое разрушение деревянных балок, находящихся в холодном подкровельном пространстве: они закреплены при помощи обычных шпилек или арматуры без терморазрыва. Решение этой и некоторых других задач в общестроительной практике достигается путем устройства деформационных швов.

Для герметизации разрезов, снижения уровня теплопотерь, для защиты здания и сооружения от проникновения воды, агрессивных сред, от засорения деформационные швы обычно заполняют упругим теплоизолятором, чаще всего это специальные прорезиненные материалы. Благодаря такому делению конструктивная упругость всего здания возрастает и температурное расширение отдельных его элементов не оказывает разрушительного воздействия на остальные материалы.

Как правило, температурный деформационный шов проходит от кровли до самого фундамента дома, разделяя его на секции. Делить фундамент не имеет смысла, поскольку он находится ниже глубины промерзания грунта и не испытывает на себе такого негативного воздействия, как остальное здание. На шаг деформационных температурных швов будут влиять тип примененных строительных материалов и географическое положение объекта, определяющее среднюю зимнюю температуру [7].

Итак, температурно-деформационные швы служат для предотвращения незапланированных деформаций в строительных конструкциях. По этой причине необходимо внимательно изучить конструкцию как в продольном, так и в поперечном направлении на предмет наличия в ней любого вида деформации, вызванной температурными воздействиями, осадкой здания, усадкой, вызванной процессом схватывания, твердения и высыхания растворов, статическими деформациями. Деформационные швы обеспечивают свободное движение строительных конструкций в нужном направлении (рис. 2).



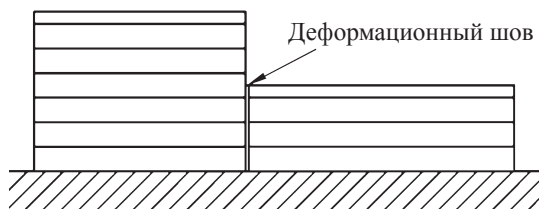


Рис. 2. Деформационный шов, разделяющий здание на две секции

Наличие деформационных швов предотвращает образование нерегулярных трещин и возникновение случайных повреждений, снижающих эксплуатационные качества строительного объекта.

## 1.2. Устройство деформационных швов

Общепринятое решение по устройству деформационных швов трудоемкое и дорогостоящее. Однако в российской строительной индустрии эта задача до недавнего времени решалась различными способами, не всегда технологически оправданными (порой примитивно), не всегда обеспечивающими надежность и долговечность строительной конструкции. На рис. 3 показан пример устройства деформационного шва с помощью арматурного стержня, обмотанного полиэтиленовой пленкой и скотчем. Конечно же, в XXI в. такие решения неприемлемы.

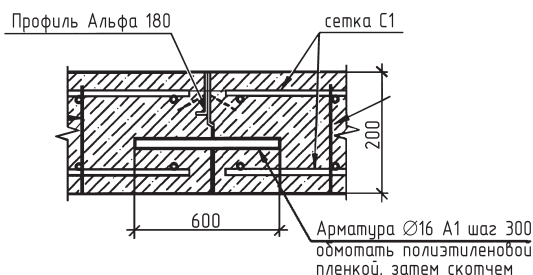


Рис. 3. Устаревший метод устройства деформационного шва

Например, удвоение конструкций или возведение дополнительных консолей — один из наиболее распространенных вариантов устройства деформационных швов — занимает очень много времени, причем особую сложность представляют опалубочные работы и раскладка арматуры. Это решение сокращает полезную площадь, нарушает планировочную структуру здания и отрицательно сказывается на его эстетическом восприятии (рис. 4).

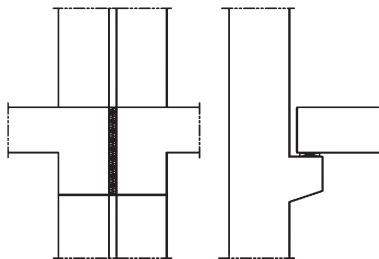


Рис. 4. Классические решения устройства деформационного шва.  
Схема справа — консольное решение

В развитых европейских странах найдено другое решение. Немецкая компания Schöck Bauteile GmbH предлагает свою технологию Schöck Dorn, допускающую горизонтальное перемещение конструкции и обеспечивающую передачу вертикальных нагрузок (рис. 5).

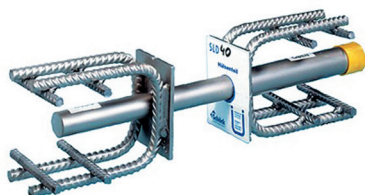


Рис. 5. Анкерная система Schöck Dorn,  
допускающая горизонтальное перемещение  
строительных конструкций, имеющих деформационный шов,  
и обеспечивающая передачу вертикальных нагрузок

Преимущества анкерного решения Schöck Dorn:

- простота опалубочных и арматурных работ;
- оптимальное использование пространства благодаря отсутствию дополнительных опор и консолей;
- возможность обеспечения огнестойкости конструкции R 90<sup>1</sup> (подробнее об этом см. в 2.3 пособия);
- уменьшение количества строительных операций;
- надежное и не требующее обслуживания соединение (рис. 6) за счет использования коррозионностойкой стали [3].

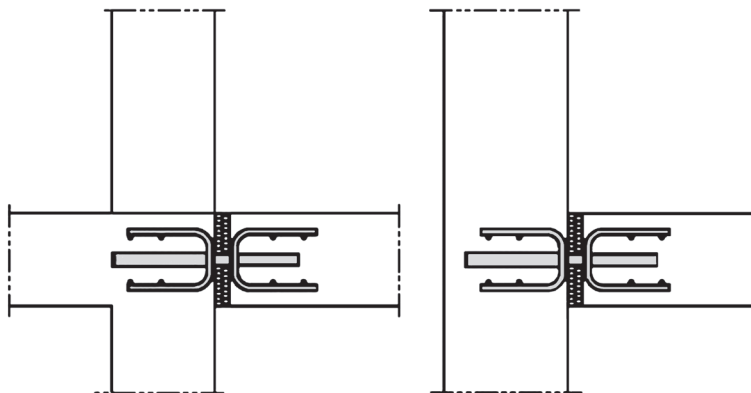


Рис. 6. Схема установки анкеров Schöck Dorn при соединении строительных конструкций

---

<sup>1</sup> *Огнестойкость строительных конструкций* определяет их способность сохранять несущие и ограждающие свойства под воздействием открытого пламени и высокой температуры. Объективно огнестойкость оценивается по времени (в минутах), в течение которого строительная конструкция при действии нормативных нагрузок и открытого пламени, высоких температур не проявляет определенных признаков, свидетельствующих о невозможности ее дальнейшей эксплуатации (разрушение, появление сквозных трещин и т. п.).

Показателем огнестойкости конструкции является предел огнестойкости этой конструкции. Предел огнестойкости конструкций равен времени (в минутах), в течение которого конструкция под воздействием факторов «стандартного» пожара теряет свои несущие и ограждающие свойства [3].

## Глава 2

# АНКЕРНАЯ СИСТЕМА SCHÖCK DORN, ТИП SLD

### 2.1. Цели применения и конструкция механизма анкерной системы Schöck Dorn, тип SLD

Анкерная система Schöck Dorn типа SLD для восприятия больших нагрузок состоит из анкера и гильзы, которые располагаются в частях железобетонной конструкции по разные стороны от температурно-деформационного шва (рис. 7). Анкер передает нагрузки от одной части температурно-деформационного шва через гильзу на другую.

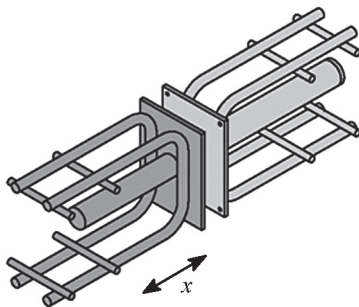


Рис. 7. Анкерная система Schöck Dorn, тип SLD

Торцевая пластина и приваренные арматурные стержни обеспечивают идеальное закрепление анкерной системы в бетонной конструкции. Гильза типа SLD имеет круглое сечение, за счет чего обеспечивает возможность горизонтальных смещений в направлении оси  $x$ , предотвращая таким образом возникновение сжимающих напряжений вследствие расширения конструкции. Усилия передаются под прямым углом через ось анкера.

При необходимости горизонтальных смещений по оси  $y$  применяется анкерная система типа SLD Q (рис. 8). Ее гильза имеет прямоугольное сечение, что позволяет обеспечить смещение  $\pm 15$  мм по оси  $y$ .

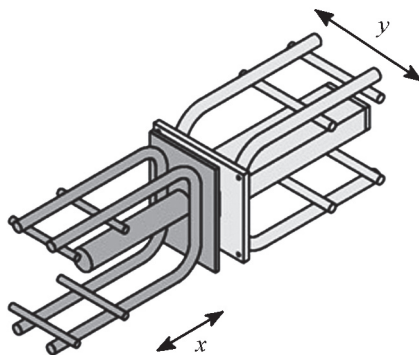


Рис. 8. Анкерная система Schöck Dorn, тип SLD Q

Технология Schöck Dorn позволяет использовать одиночные анкера типа ESD (рис. 9), которые служат для передачи усилий в температурных швах конструкций, работающих под небольшими нагрузками. К ним относятся, например, температурные швы между балконными плитами, в элементах дорожного полотна или подпорных стенках.

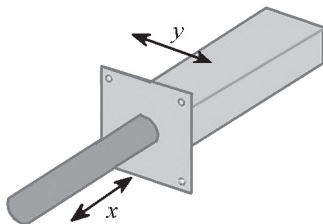


Рис. 9. Анкер Schöck Dorn, тип ESD SQ

Однако при неверно рассчитанных нагрузках применение одиночного анкера для устройства деформационного шва может

привести к частичному разрушению конструкции (рис. 10), что может выражаться в изгибе стального стержня (рис. 11, *а*), в разрушении торца плиты перекрытия в зоне передачи сосредоточенной силы (рис. 11, *б*), в разрушении плиты перекрытия от продавливания (рис. 11, *в*).

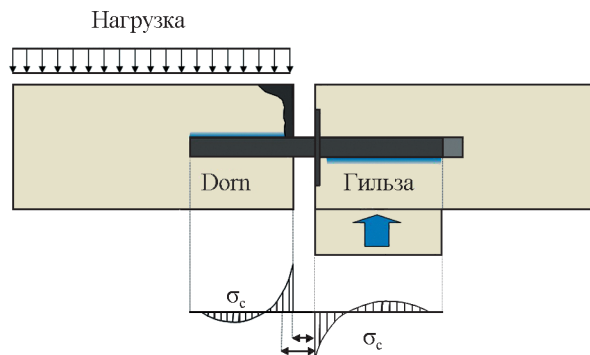


Рис. 10. Схема работы одиночного анкера Schöck Dorn, тип ESD SQ, в деформационном шве под действием поперечной нагрузки. Возможно разрушение края плиты при увеличении запланированной нагрузки

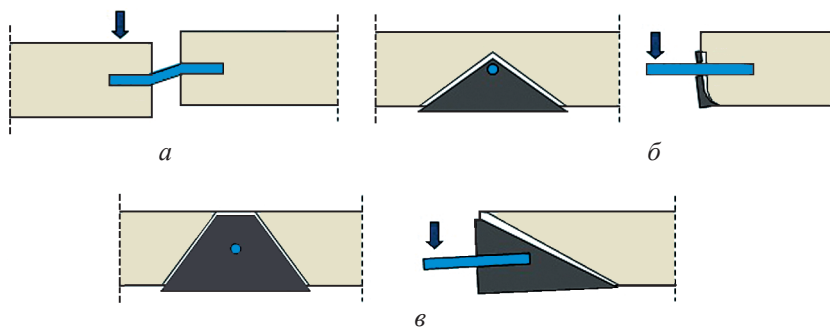


Рис. 11. Схемы возможного разрушения конструкции при возникновении предельного состояния в работе одиночного анкера Schöck Dorn, тип ESD SQ:

*а* — изгиб стального стержня; *б* — разрушение торца перекрытия в зоне действия сосредоточенной силы; *в* — разрушение плиты перекрытия от продавливания

Поэтому анкерная система типа SLD гарантированно надежна в деформационном шве. Она позволяет воспринимать действие больших поперечных нагрузок без разрушения плиты (рис. 12).

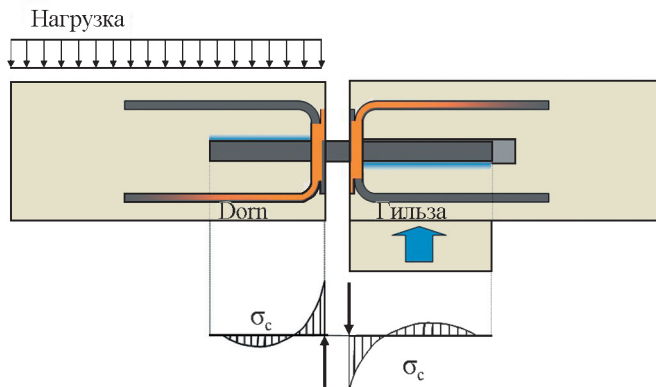


Рис. 12. Схема работы анкерной системы Schöck Dorn, тип LSD, в деформационном шве под действием большой поперечной нагрузки. Восприятие нагрузки происходит без разрушения плиты

В случае действия на деформационный шов предусмотренных проектом продольных и поперечных сил их следует гасить по отдельности. Для этого по всей длине стыка монтируются анкерные системы типа SLD Q (см. рис. 8) или анкеры типа ESD SQ (см. рис. 9), допускающие смещение вдоль всего шва. Анкеры, воспринимающие горизонтальные усилия, располагаются перпендикулярно линии деформационного шва. Это является гарантией того, что анкерам не придется воспринимать дополнительные вертикальные усилия.

В длинных деформационных швах (рис. 13) и при наличии внутренних углов должны применяться анкеры типа SLD Q или ESD SQ, обеспечивающие смещение по двум направлениям (по оси анкера и перпендикулярно ее оси).

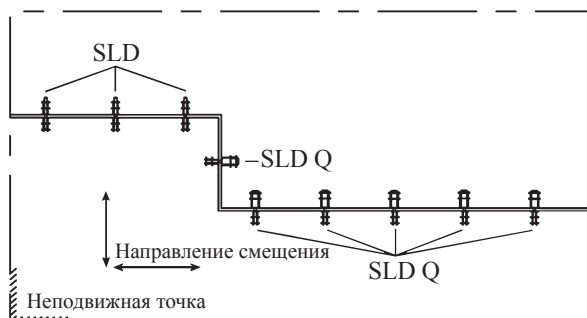


Рис. 13. Выбор анкеров для внутренних углов или длинных деформационных швов

## 2.2. Варианты соединений строительных конструкций с помощью анкерных систем Schöck Dorn, тип SLD

На рис. 14–21 показаны схемы различных вариантов соединения строительных конструкций с помощью анкерных систем Schöck Dorn типа SLD.

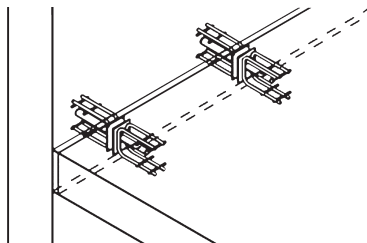
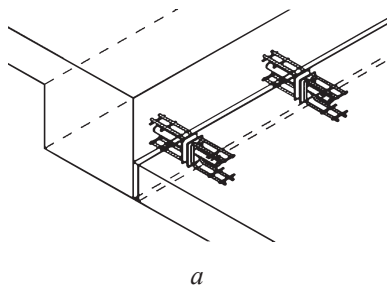


Рис. 14. Соединение «стена — плита»





*б*

Рис. 15. Соединение «балка — плита»:

*a* — схема устройства деформационного шва по типу «балка — плита»;  
*б* — первая стадия армирования (армирование втулки в балку) при устройстве деформационного шва (строительство здания аэровокзала в г. Жуковском Московской области, июль 2015 г.)

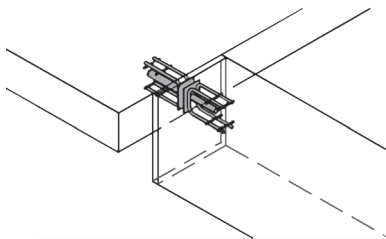


Рис. 16. Соединение  
«плита — торец балки»

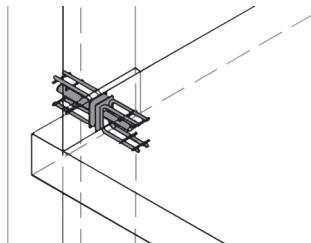


Рис. 17. Соединение  
«колонна — плита»

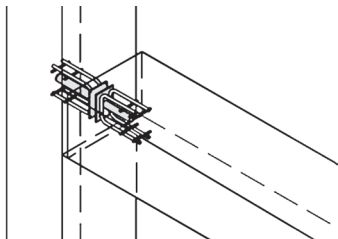


Рис. 18. Соединение  
«колонна — балка»

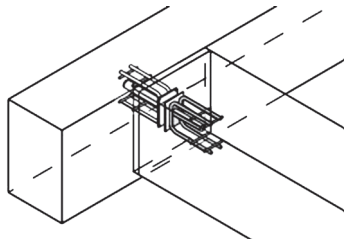


Рис. 19. Соединение  
«балка — балка»

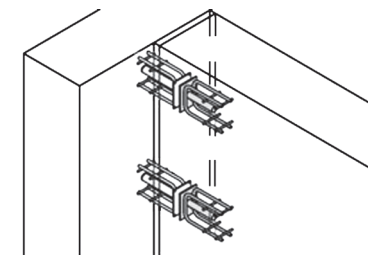


Рис. 20. Соединение «стена — стена  
(боковая поверхность — торец)»

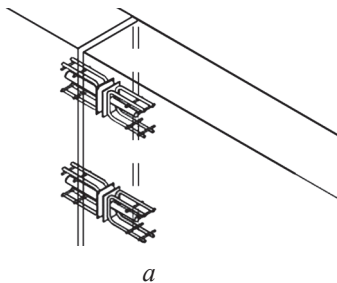


Рис. 21. Соединение «стена — стена (торец в торец)»:

*a* — схема устройства деформационного шва по типу «стена — стена»;  
*б* — устройство деформационного шва (дальняя плита с втулкой уже отлита; ближняя плита с установленным по месту анкером находится в стадии армирования) (строительство здания аэровокзала в г. Жуковском Московской области, июль 2015 г.)

### 2.3. Огнеупорная манжета Schöck, применяемая в анкерной системе Schöck Dorn

Для обеспечения высоких требований по огнестойкости, предъявляемых к конструкции температурно-деформационных швов, анкерные системы Schöck Dorn могут использоваться в сочетании с огнеупорной манжетой Schöck (рис. 22). Манжета обеспечивает класс огнестойкости R90. Основные габаритные размеры огнеупорной манжеты приведены в прил. 1.

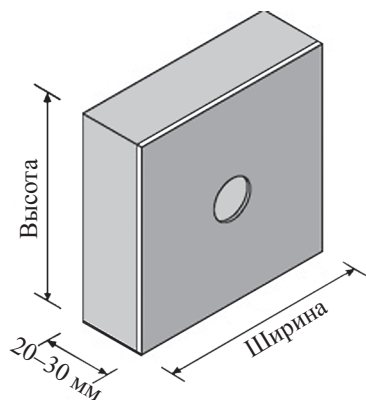


Рис. 22. Конструкция противопожарной манжеты Schöck

Схемы монтажа огнеупорной манжеты показаны на рис. 23, 24.

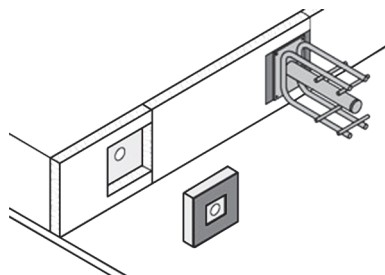


Рис. 23. Устройство температурно-деформационного шва  
с применением огнеупорной манжеты Schöck и анкерной системы  
Schöck Dorn, тип SLD

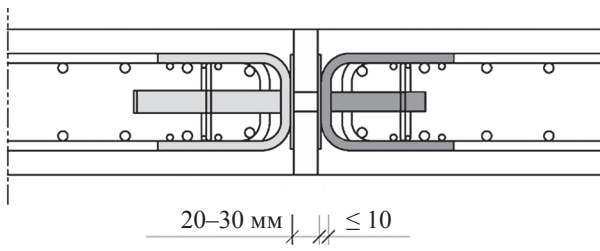


Рис. 24. Узел температурно-деформационного шва с использованием огнеупорной манжеты Schöck и анкерной системы Schöck Dorn, тип SLD

## ОСНОВЫ РАСЧЕТА АНКЕРНЫХ СИСТЕМ SCHÖCK DORN

### 3.1. Расчет температурно-деформационных швов

Расчет и выбор анкерной системы начинают с расчета температурно-деформационных швов:

- определяют действующие на шов поперечные силы при помощи расчетных программ или «вручную»;

- рассчитывают приведенную нагрузку  $V_{Ed}$  (кН/м), действующую на соединение (на рис. 25 расчетная программа показывает оптимизированное положение анкеров при соединении строительных конструкций и влияние нагрузки  $V_{Ed}$ );

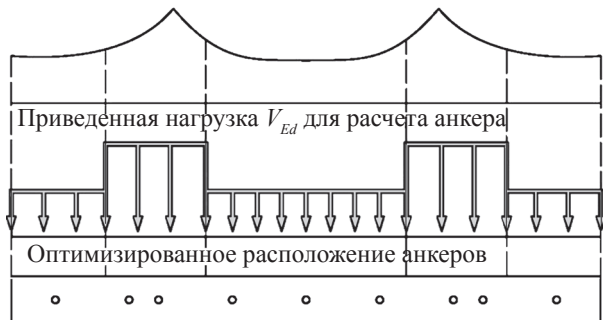


Рис. 25. Влияние нагрузки  $V_{Ed}$ , определенное с помощью расчетной программы

- вычисляют максимальную ширину температурно-деформационного шва;
- определяют требуемый тип анкера.

### 3.2. Расчет анкерной системы с помощью таблиц

В прил. 2 данного учебно-методического пособия приведены специальные таблицы (табл. П.2.1–П.2.6) [8], с помощью которых можно произвести расчет анкерной системы в следующей последовательности:

— определение минимальных размеров строительной конструкции (прил. 3, табл. П.3.1) и подбор возможного анкера (рис. 26–28);

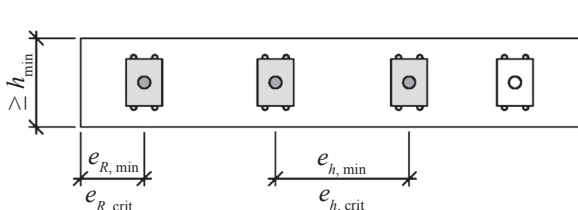


Рис. 26. Минимально возможный размер конструкций и минимально возможное расстояние между анкерами (плита)

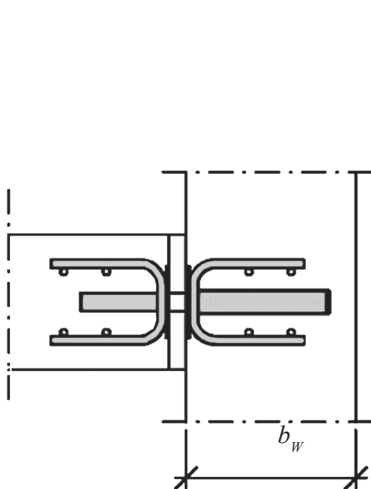


Рис. 27. Минимально возможный размер конструкции и минимально возможное расстояние между анкерами (стена)

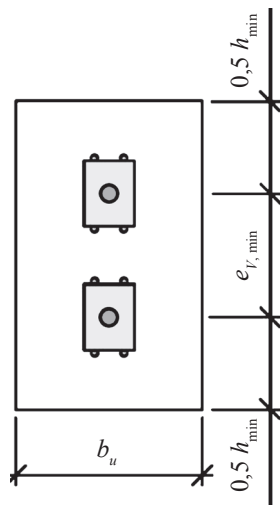


Рис. 28. Минимально возможный размер конструкции и минимально возможное расстояние между анкерами (балка)

- выбор расстояния между анкерами ( $e$ ), большего, чем критическое;
- расчет нагрузки, приходящейся на один анкер:  $V = V_{Ed} \cdot e$ ;
- выбор анкера из расчетной таблицы в зависимости от класса бетона<sup>1</sup>, толщины конструкции, типа анкера и максимальной ширины шва (см. п. 3.4 настоящей главы);
- оптимизация расстояния между анкерами в зависимости от несущей способности:  $e = V_{Rd} / V_{Ed} < 5 \cdot h_{ra}$ ;
- определение минимально необходимой степени армирования края конструкции (см. п. 3.5 настоящей главы).

### 3.3. Определение критического расстояния между анкерами

При соблюдении расстояний между анкерами и краями строительной конструкции можно не учитывать взаимное влияние соседних анкеров (рис. 29, 30). Критическое расстояние между соседними анкерами и от края конструкции до первого анкера можно уменьшить до минимального значения  $e_{h \min}$  и  $e_{R \min}$  (табл. 1, 2). В этом случае требуется дополнительный расчет на продавливание (см. п. 4.1).

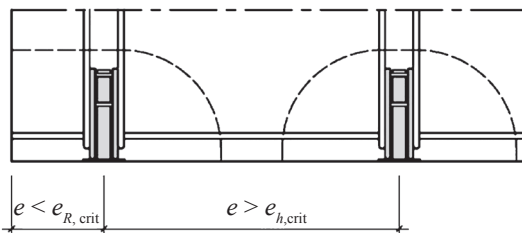


Рис. 29. Контур расчетного сечения при шаге анкеров  $e > e_{crit}$

<sup>1</sup> *Марка бетона* — цифра (кг/см<sup>2</sup>), соответствующая пределу прочности на сжатие бетонного куба 28-суточной выдержки со стороной 20 см. *Класс бетона* — показатель, учитывающий допустимую погрешность качества бетонной смеси. То есть класс бетонного состава подразумевает фактическую прочность бетона. Перевод марки в класс бетона особенно необходим при проведении расчетов конструкций [9].

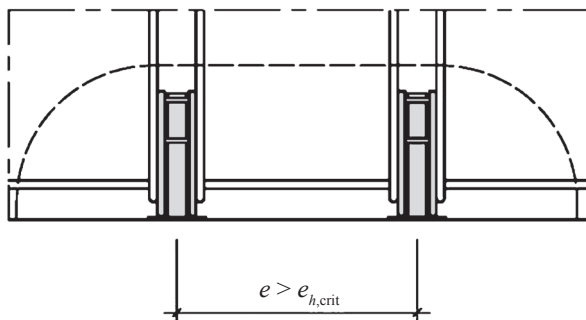


Рис. 30. Контур расчетного сечения при шаге анкеров  $e < e_{crit}$

Таблица 1

**Допустимые критические расстояния между анкерами**

Критические расстояния между анкерами $e > e_{h,crit}$ , мм		Толщина плиты $h_{пл}$ , мм							
		160	180	200	220	250	280	300	350
SLD	40	425	470	515	560	695	785	845	995
	50	420	470	515	560	690	780	840	990
	60	—	480	530	575	645	780	840	990
	70	—	—	550	595	660	730	850	1000
	80	—	—	—	—	700	765	810	925
	120	—	—	—	—	—	—	880	1030
	150	—	—	—	—	—	—	—	1035
SLD Q	40	455	500	545	590	725	815	875	1025
	50	455	500	545	590	725	815	875	1025
	60	—	515	565	610	675	815	875	1025
	70	—	—	585	630	695	765	885	1035
	80	—	—	—	—	730	795	840	955
	120	—	—	—	—	—	—	915	1065
	150	—	—	—	—	—	—	—	1075



Таблица 2

**Критические расстояния до края плиты**

Критические расстояния до края плиты $e > e_{h, \text{crit}}$ , мм		Толщина плиты $h_{\text{пл}}$ , мм							
		160	180	200	220	250	280	300	350
SLD	40	345	380	415	450	555	625	675	790
	50	340	380	415	450	555	625	670	790
	60	—	390	425	460	515	625	670	790
	70	—	—	440	475	530	580	675	795
	80	—	—	—	—	555	605	640	730
	120	—	—	—	—	—	—	685	805
	150	—	—	—	—	—	—	—	805
SLD Q	40	360	395	430	465	570	640	690	805
	50	360	395	430	465	570	640	690	805
	60	—	405	445	480	530	640	690	805
	70	—	—	455	495	545	600	695	815
	80	—	—	—	—	570	620	655	745
	120	—	—	—	—	—	—	705	825
	150	—	—	—	—	—	—	—	825

### 3.4. Выбор анкера из расчетной таблицы в зависимости от класса бетона, толщины конструкции, типа анкера и максимальной ширины шва

Несущая способность соединения<sup>2</sup>  $V_{Rd} = \min$  (несущая способность стали  $V_{RdS}$ , несущая способность анкера  $V_{Rdc}$ , несущая способность плиты на продавливание  $V_{Rdcr}$ ). Приведенные здесь максимальные значения несущей способности действительны только

<sup>2</sup> Несущая способность соединения — способность конструкции выдерживать нагрузку, обеспечивая нормальное функционирование изделия [10].

в сочетании с указаниями по минимально требуемому армированию<sup>3</sup> согласно табл. 3 и при соблюдении критических расстояний между анкерами и расстояний до края строительной конструкции (см. табл. 1, 2).

### 3.5. Определение минимально необходимой степени армирования края конструкции

Рекомендации по установке минимально требуемой арматуры приведены в табл. 3. Схемы с пояснениями к табл. 3 с разделением по сечениям требуемой арматуры даны на рис. 31–34.

Таблица 3

Минимально требуемое армирование для плиты

Требуемая арматура		$A_{sx}$	$S_1$ при толщине плиты		$s_i$	$A_{sy}$	Позиция 1	$e_1$
			< 300 мм	> 300 мм				
SLD/ SLD Q	40	6 ø 10	30			3 ø 12	2 ø 6	65
	50	6 ø 12	32			3 ø 12	2 ø 6	80
	60	6 ø 14	34			3 ø 14	2 ø 8	95
	70	8 ø 12	32	50	50	3 ø 12	2 ø 8	105
	80	10 ø 16	36			3 ø 16	2 ø 8	115
	120	10 ø 16	—			4 ø 16	2 ø 10	150
	150	10 ø 20	—			4 ø 20	2 ø 12	185

<sup>3</sup> Армирование — способ увеличения несущей способности конструкции материалом, имеющим повышенные прочностные свойства относительно основного материала изделия [11].

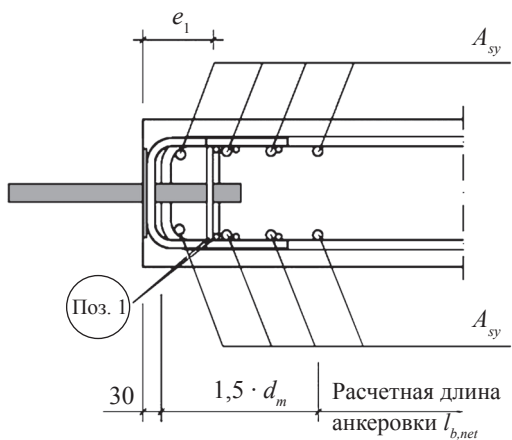


Рис. 31. Сечения арматуры SLD 40–SLD 80 при минимально требуемом армировании для плиты

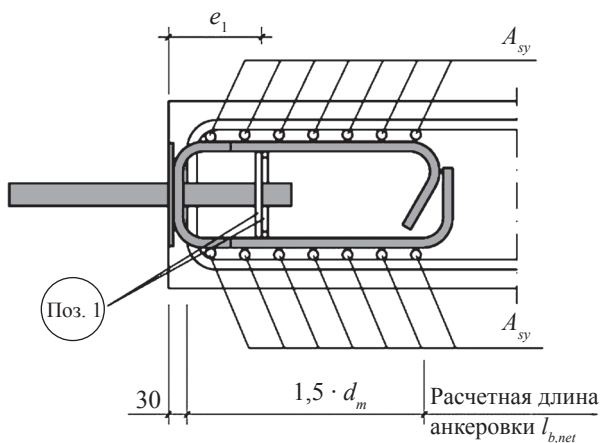


Рис. 32. Сечения арматуры SLD 120–SLD 150 при минимально требуемом армировании для плиты

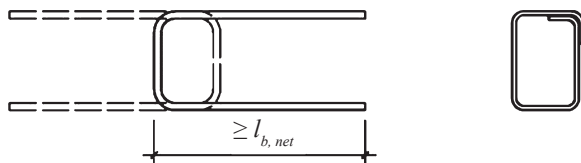


Рис. 33. Позиция 1: два П-стержня или один замкнутый хомут

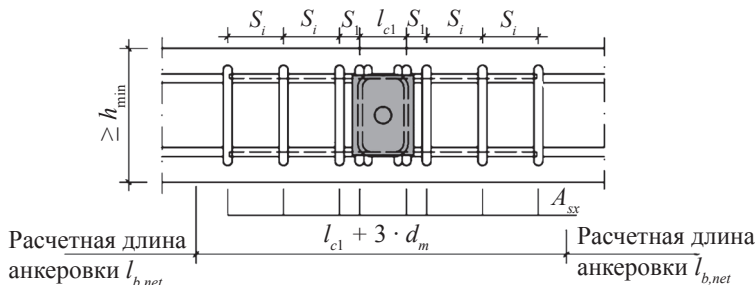


Рис. 34. Вид сбоку сечения требуемой арматуры

### 3.6. Расчет анкерных систем Schöck Dorn-SLD с помощью специализированной программы

Предоставленная специалистами немецкой компании Schöck Bauteile GmbH авторам данного пособия специализированная программа позволяет произвести простой и быстрый расчет деформационных швов при использовании анкерных систем Schöck Dorn типа SLD.

Расчет производится в соответствии с общим строительным допуском, принятым в Германии и допустимом в Российской Федерации. В программе предусмотрено девять различных вариантов соединений строительных конструкций (плита — плита, плита — стена, плита — балка и т. д.). Необходимые по итогам расчетов анкеры и расчет расстояний между ними подбираются

автоматически. Имеется возможность задания различных вариантов нагружения. Кроме того, производится автоматический расчет и раскладка требуемого армирования.

Студентам необходимо запустить программу расчета для анкерных систем Schöck Dorn, тип SLD. В открывшемся окне (рис. 35) необходимо внести правильную исходную информацию в программу.

Например, рассчитаем необходимую анкерную систему для варианта «перекрытие — перекрытие»:

- толщина первой и второй плит по  $h_1 = h_2 = 300$  мм;
- смещение по высоте  $h_v = 0$  мм;
- защитный слой бетона  $co = 30$  мм, защитный слой бетона  $cu = 30$  мм;
- длина деформационного шва  $L = 6$  м;
- максимальная ширина шва  $f = 40$  мм;
- исходный шов  $sf = 20$  мм;
- огнестойкость  $R 90$  (90 мин);
- марка бетона C20/25;
- марка стали BSt 500.

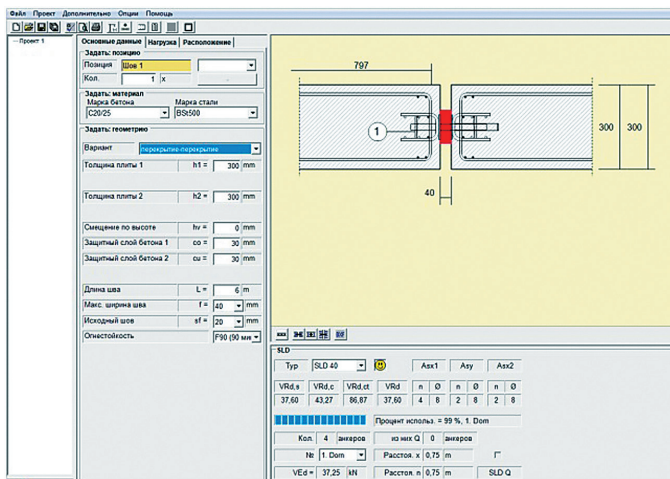


Рис. 35. Интерфейс расчетной программы анкерных систем Schöck Dorn, тип SLD

Нажав на иконку «печать», студент получает распечатку выполненных расчетов (рис. 36, 37), которые необходимо проанализировать и представить преподавателю для отчета по проделанной лабораторной работе.

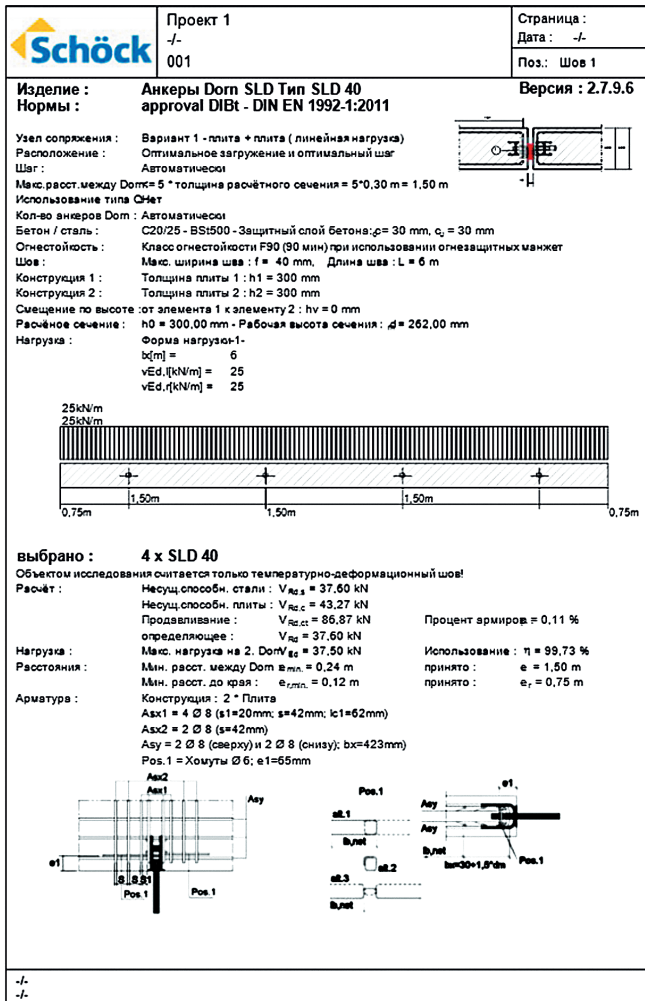


Рис. 36. Интерфейс расчетной программы анкерной системы Schöck Dorn, тип SLD, с результатами расчетов

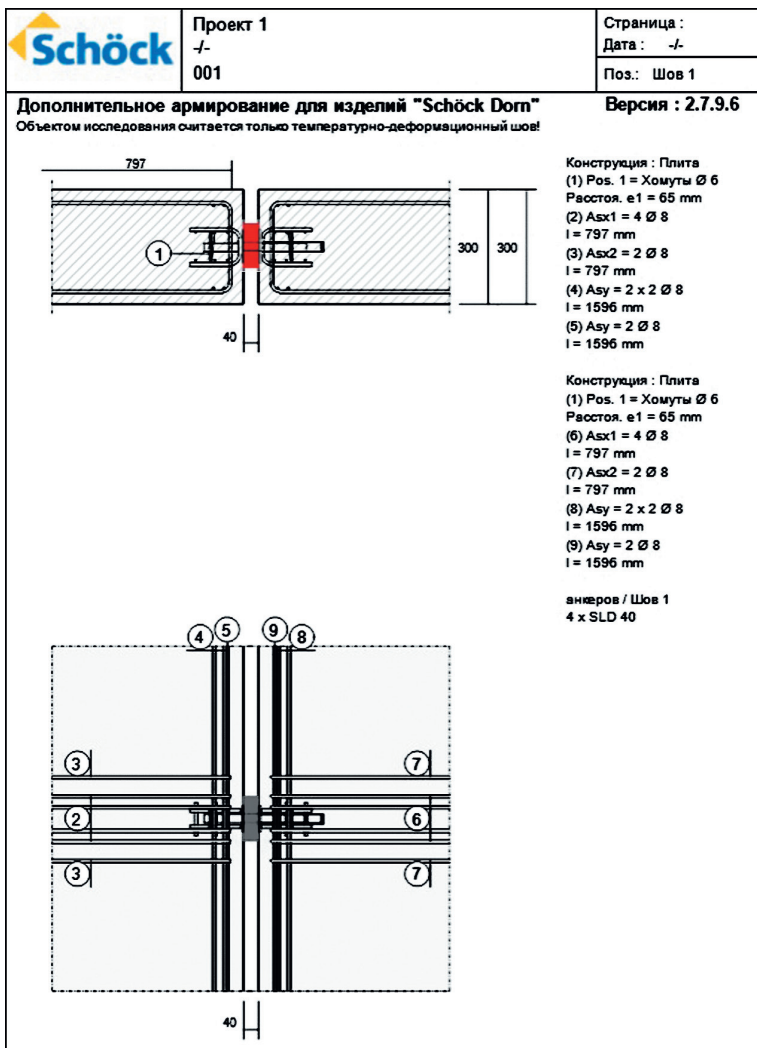


Рис. 37. Интерфейс расчетной программы анкерной системы Schöck Dorn, тип SLD, со схемами и результатами расчетов

По выбранному проекту программа выдает следующий результат: необходимы четыре анкера типа Dorn SLD 40.

## Глава 4

# РАСЧЕТЫ ЭЛЕМЕНТА SCHÖCK DORN, ТИП SLD

### 4.1. Расчет плиты на продавливание

Проверочный расчет плиты на продавливание (рис. 38–41) необходимо производить при уменьшении количества арматуры по сравнению с требуемым, а также в случае, если расстояние между анкерами или расстояние до края плиты меньше критического и выполняется условие

$$e_{h, \min} \leq e_h < e_{h, \text{crit}} \text{ или } e_{R, \min} \leq e_R < e_{R, \text{crit}}.$$

Значения  $b_x$  (см. рис. 39) и  $b_y$  (см. рис. 38) для определения расчетного контура определяются по выражениям

$$b_y = l_{c1} + 2 \cdot 1,5 \cdot d_m \text{ и } b_x = 30 + 1,5 \cdot d_m,$$

где  $d_m$  — рабочая высота сечения плиты.

Площадь сечения арматуры  $A_{sx}$  и  $A_{sy}$  учитывается при расчете минимального коэффициента армирования  $\rho_t$ .

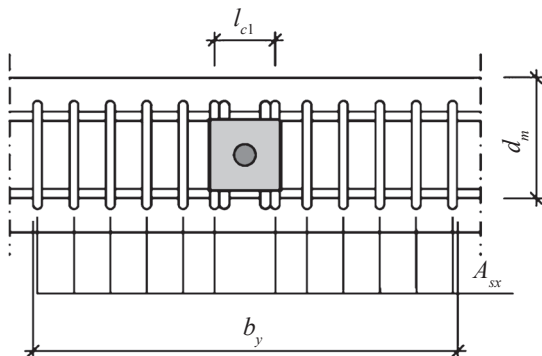


Рис. 38. Вид анкерной системы сбоку



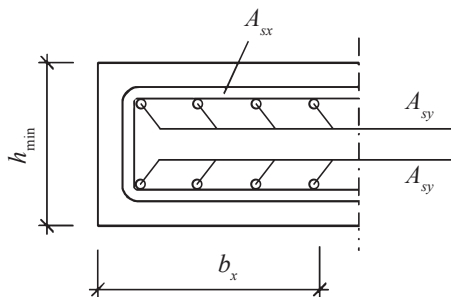


Рис. 39. Сечение анкерной системы в плите

$U_{crit1} = 30 + e_R + l_{c1} + \pi \cdot 0,75 \cdot d_m$  — контур расчетного сечения (см. рис. 40).

$U_{crit} = 60 + e + l_{c1} + \pi \cdot 1,5 \cdot d_m$  — контур расчетного сечения (см. рис. 41).

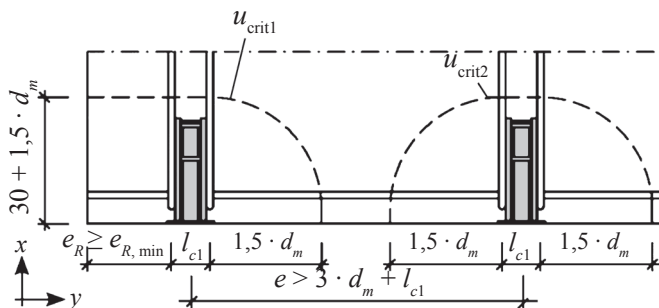


Рис. 40. Контур расчетного сечения при расстоянии между анкерами  $e > e_{crit}$

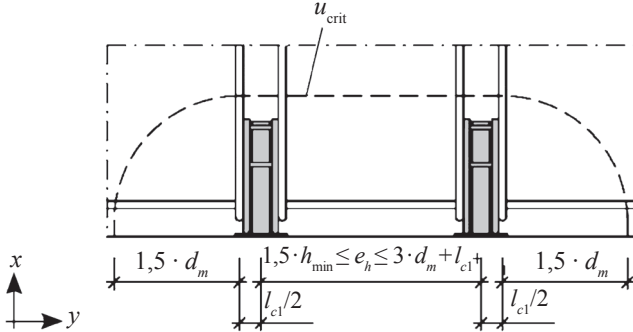


Рис. 41. Контур расчетного сечения при уменьшенном расстоянии между анкерами

Несущая способность плиты на продавливание:

$$V_{Rd,ct} \leq 0,14 \cdot \eta_1 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot d_m \cdot (U_{crit}/\beta),$$

где  $\eta_1 = 1,0$  для тяжелого бетона;

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d_m}} \leq 2,0 \text{ с } d_m, \text{ мм};$$

$\rho_1$  — среднее значение коэффициента армирования внутри рассматриваемого расчетного контура;

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_x \cdot \rho_y} \leq \min \begin{cases} 0,5 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}}, & \rho_x = \frac{A_{sx}}{d_m \cdot b_y}, & \rho_y = \frac{A_{sy}}{d_m \cdot b_x}; \\ 0,02 \end{cases}$$

$b_x$  — область армирования  $A_{sx}$ ;  $d_m = \frac{d_x + d_y}{2}$ ;

$b_y$  — область армирования  $A_{sy}$ ;

$f_{ck}$  — нормативный предел прочности бетона на сжатие;

$d_m$  — рабочая высота сечения плиты;

$U_{crit}$  — длина расчетного контура;

$\beta$  — коэффициент, учитывающий влияние внецентренного приложения нагрузки, в данном случае  $\beta = 1,4$ ;

$l_{cl}$  — расстояние между первыми двумя хомутами  $A_{sx1}$  (см. рис. 34).

## 4.2. Расчет на несущую способность анкерной системы

Проверка несущей способности анкера (рис. 42) необходима при уменьшении количества арматуры по сравнению с требуемым, а также если превышены расстояния  $s_1, s_2, s_3$  для подвесной арматуры.

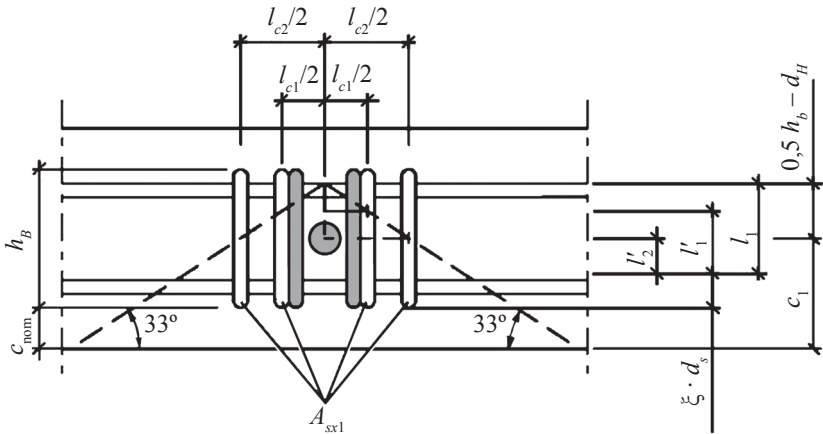


Рис. 42. К расчету несущей способности анкерной системы

Несущая способность анкера определяется по формуле

$$V_{Rd,c} = \Sigma V_{Rd,1i} + \Sigma V_{Rd,2i} \leq \Sigma A_{sxl} \cdot f_{yd},$$

где  $V_{Rd,li} = 0,375 \cdot \psi_i \cdot A_{sx1,i} \cdot f_{yk} \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}/30}}{\gamma_{MC}}$  — сила, передаваемая за счет анкеровки, где  $\psi_i = 1 - 0,2 \cdot [(l_{c1}/2)/c_1]$  — коэффициент учета расстояний между подвесной арматурой и анкерной системой Schöck Dorn, где  $l_{c1}/2$  — осевое расстояние между рассматриваемой подвесной арматурой  $A_{sx1,2}$  и анкерной системой Schöck Dorn;

$c_1$  — расстояние от свободного края плиты до анкерной системы Schöck Dorn;

$A_{sx1,i}$  — площадь поперечного сечения стержня (ножки) подвешенной арматуры в пирамиде продавливания;

$f_{yk}$  — предел текучести подвесной арматуры<sup>1</sup>;  
 $f_{ck}$  — нормативный предел прочности бетона на сжатие;  
 $\gamma_{MC} = 1,5$  — коэффициент надежности по бетону;  
 $V_{Rd, 2i}$  — сила, передаваемая за счет сцепления бетона с арматурой;  
 $V_{Rd, 2i} = \pi \cdot d_s \cdot l'_i \cdot f_{bd}$ ;  
 $d_s$  — диаметр подвесной арматуры, мм;  
 $l_i$  — используемая длина ножек подвесной арматуры;  
 $l_i = c_1 + (0,5 \cdot h_B - d_H) - \xi \cdot d_s - c_{nom}$ ;  
 $c_1 = 0,5 \cdot h$ ;  
 $\xi = 3,0$  для  $d_s < 20$  мм;  $\xi = 4,5$  для  $d_s \geq 20$  мм ;  
 $c_{nom}$  — защитный слой бетона для подвесной арматуры  $> 30$  мм;  
 $l'_i$  — эффективная длина анкеровки в пирамиде продавливания;  
 $l'_i = l_i - (l_{cl}/2) \cdot \tan 33^\circ$ ;  
 $f_{bd}$  — расчетная прочность сцепления арматуры с бетоном;  
 $f_{yd}$  — расчетное значение предела текучести подвесной арматуры;  
 $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s$  с коэффициентом надежности по материалу, для стали  $\gamma_s = 1,15$ .

### 4.3. Пример расчета анкерной системы Schöck Dorn, тип SLD, для соединения «плита перекрытия — стена»

Произведем расчет анкерной системы, исходные данные которой приведены на рис. 43:

- бетон класса C 20/25;
- толщина плиты  $h = 240$  мм;
- рабочая высота сечения плиты  $d_m = 194$  мм;
- толщина стены  $b_w = 300$  мм;
- защитный слой бетона  $c_{nom, u} = c_{nom, o} = 30$  мм;

---

<sup>1</sup> *Пределом текучести* называют механическую характеристику материала, характеризующую напряжение, при котором деформации продолжают расти без увеличения нагрузки [12].

- расчетное значение действующей поперечной силы  $V_{Ed} = 100$  кН/м,
- длина шва  $l_f = 1,6$  м;
- максимальное раскрытие шва  $f = 32^2$ ;
- исходная ширина деформационного шва 20 мм.

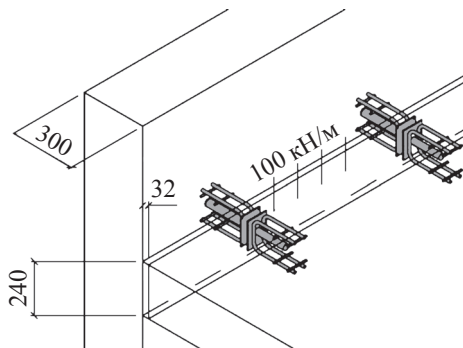


Рис. 43. Схема соединения «плита перекрытия — стена»

Определяющим для расчета является максимальное раскрытие шва  $f = 32$  мм.

Принимаем Schöck Dorn, тип SLD 80.

$h_{\min} = 240 \text{ мм} \leq 240 \text{ мм} = h_{\text{vorh}}^2$ ;  $V_{Rd,s} = 125,9 \text{ кН}$  для  $f \leq 40 \text{ мм}$  и C20/25.

Требуемое армирование (табл. 3): толщина стены  $b_w = 275 \text{ мм} < 300 \text{ мм} = \text{исх. } b_w$ .

Проверка расстояния между анкерами и до краев — см. табл. 1, 2.

Расстояния между анкерами принимаем  $e = 400 \text{ мм}$ .

$400 \text{ мм} > 360 \text{ мм} = e_{\min}$ .

$400 \text{ мм} < 670 \text{ мм} = e_{\text{crit}}$ .

Расстояние до края принимаем  $e_R = 600 \text{ мм}$ .

<sup>2</sup> Максимальное раскрытие шва определяется инженером. Эта величина может быть определена суммой деформаций, возникающих вследствие усадки, нагрузок и колебаний температуры.

$$600 \text{ мм} > 240 \text{ мм} = e_{R, \min}.$$

$$600 \text{ мм} > 535 \text{ мм} = e_{R, \text{crit}}.$$

В данном случае необходим проверочный расчет на продавливание и несущую способность бетона плиты:

$$V_{Rd, ct} \leq 0,14 \cdot \eta_1 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot d_m \cdot (U_{\text{crit}}/\beta),$$

где  $\eta_1 = 1,0$  для тяжелого бетона;

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d_m}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{194}} = 1 + 1,02 = 2,02 \leq 2,0!$$

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_x \cdot \rho_y}; \quad \rho_x = \frac{A_{sx}}{d_m \cdot b_y} \text{ и } \rho_y = \frac{A_{sy}}{d_m \cdot b_x}.$$

Соединение является линейным, поэтому расчет для определения сопротивления продавливанию производится только для двух соседних анкеров (рис. 44).

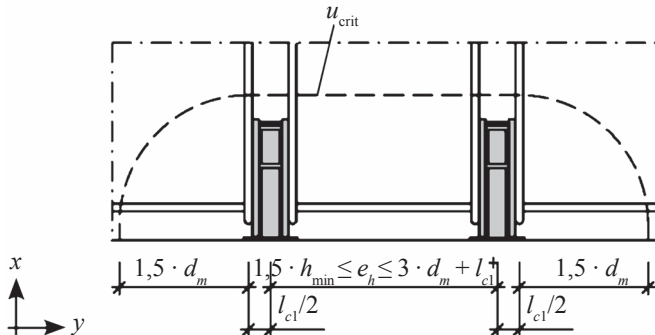


Рис. 44. Схема контура расчетного сечения. К проверочному расчету на продавливание и несущую способность бетона плиты

$$U_{\text{crit}} = 60 + l_{cl} + \pi \cdot 1,5 \cdot d_m + e, \text{ мм.}$$

$l_{cl}$  = осевое расстояние между первыми двумя хомутами  $A_{sxl}$ .

$$\Sigma A_{sx} = 2 \cdot [6 \cdot 2,01] + 2 \cdot [2 \cdot 1,13] = 28,64 \text{ см}^2 [2 \cdot (6 \varnothing 16 + 2 \varnothing 12)].$$

$$A_{sy} = 3 \cdot 2,01 = 6,03 \text{ см}^2 (3 \varnothing 16) \text{ насквозь};$$

$$b_x = 30 + 1,5 \cdot d_m = 30 + 1,5 \cdot 194 = 321 \text{ мм};$$

$$b_y = 2 \cdot 1,5 \cdot d_m + l_{c1} + e = 3 \cdot 194 + 89 + 400 = 1,071 \text{ мм.}$$

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_x \cdot \rho_y} \leq \min \begin{cases} 0,5 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}}, & \rho_x = \frac{A_{sx}}{d_m \cdot b_y}, & \rho_y = \frac{A_{sx}}{d_m \cdot b_x}; \\ 0,02 \end{cases}$$

$$\rho_1 = \sqrt{\frac{28,64}{19,4 \cdot 107,1} \cdot \frac{6,03}{19,4 \cdot 32,1}} \cdot 0,012 \leq \min \begin{cases} \frac{0,5 \cdot 0,85 \cdot 20}{435 \cdot 1,5} = 0,0130 \\ 0,02 \end{cases}.$$

$$f_{ck} = 20 \text{ Н/мм}^2$$

$$U_{crit} = 60 + l_{c1} + \pi \cdot 1,5 \cdot d_m + e = 60 + 89 + \pi \cdot 1,5 \cdot 194 + 400 = 1,4632 \text{ мм.}$$

$$V_{Rd,ct} \leq 0,14 \cdot 1,0 \cdot 2,0 \cdot (100 \cdot 0,012 \cdot 20)^{1/3} \cdot 0,194 \cdot (1,4632/1,4) = 163,74 \text{ кН.}$$

Расчет несущей способности анкера (рис. 45):

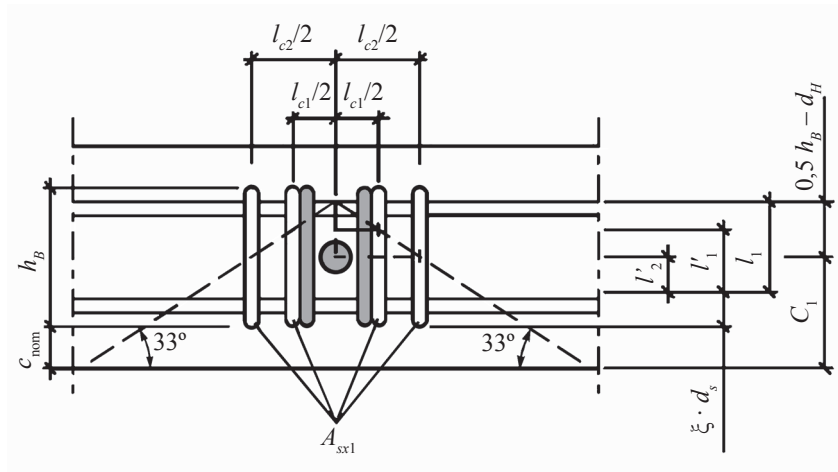


Рис. 45. Схема к расчету несущей способности анкерной системы

$$V_{Rd,c} = \Sigma V_{Rd,1i} + \Sigma V_{Rd,2i} \leq \Sigma A_{sx1} \cdot f_{yd}$$

$$V_{Rd,1i} = 0,375 \cdot \psi_1 \cdot A_{sx1,i} \cdot f_{yk} \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}/30}}{\gamma_{MC}},$$

где  $\psi_i = 1 - 0,2 \cdot [(l_{c1}/2)/c_1]$ ;

$$A_{sx1,i} = 2,01 \text{ см}^2; f_{yk} = 50 \text{ Н/мм}^2; f_{ck} = 20 \text{ Н/мм}^2;$$

$$c_1 = 0,5 \cdot 240 = 120 \text{ мм}; l_{c1} = 89 \text{ мм};$$

$$\psi_i = 1 - 0,2 \cdot [(89/2)/120] = 0,93;$$

$$V_{Rd,1i} = 0,375 \cdot 0,93 \cdot 2,01 \cdot 50 \cdot \frac{\sqrt{20/30}}{1,5} = 18,16 \text{ кН},$$

где  $f_{yk}$  — предел текучести подвесной арматуры;  $f_{ck}$  — нормативный предел прочности бетона на сжатие;  $d_s$  — диаметр подвесной арматуры, мм;  $c_{\text{ном}}$  — защитный слой бетона для подвесной арматуры > 30 мм;  $l'_i$  — эффективная длина анкеровки в пирамиде продавливания;  $f_{bd}$  — расчетная прочность сцепления арматуры с бетоном;  $h$  — толщина плиты.

$$l_{c2} = l_{c1} + 2 \cdot s_1 = 89 + 2 \cdot 36 = 161 \text{ мм};$$

$$\psi_2 = 1 - 0,2 \cdot [(161/2)/120] = 0,87;$$

$$V_{Rd,2i} = 0,375 \cdot 0,87 \cdot 2,01 \cdot 50 \cdot \frac{\sqrt{20/30}}{1,5} = 16,99 \text{ кН};$$

$$l_{c3} = l_{c2} + 2 \cdot s_2 = 161 + 2 \cdot 50 = 261 \text{ мм};$$

$$\psi_3 = 1 - 0,2 \cdot [(261/2)/120] = 0,78;$$

$$V_{Rd,3i} = 0,375 \cdot 0,78 \cdot 2,01 \cdot 50 \cdot \frac{\sqrt{20/30}}{1,5} = 15,23 \text{ кН}.$$

Четвертый хомут находится вне пирамиды продавливания и поэтому в расчете не учитывается.

$$V_{Rd,2i} = \pi \cdot d_s \cdot l'_i \cdot f_{bd};$$

$$d_s = 16 \text{ мм}; f_{bd} = 2,3 \text{ Н/мм}^2 \text{ для C20/25};$$

$$h_B = 180 \text{ мм}; d_H = 14 \text{ мм}; \xi = 3,0 \text{ для } d_s = 16 \text{ мм} < 20 \text{ мм};$$

$$c_{\text{ном}} = 30 \text{ мм};$$

$$l_1 = c_1 + (0,5 \cdot h_B - d_H) - \xi \cdot d_s - c_{\text{ном}};$$

$$l_1 = 120 + (0,5 \cdot 180 - 14) - 3,0 \cdot 16 - 30 = 118 \text{ мм};$$

$$l'_1 = l_1 - (l_{c1}/2) \cdot \tan 33^\circ; l'_1 = 118 - (89/2) \cdot \tan 33^\circ = 89,1 \text{ мм};$$



$$V_{Rd, 21} = \pi \cdot 16 \cdot 89,1 \cdot 2,3 \cdot 10^{-3} = 10,30 \text{ кН};$$

$$l'_2 = 118 - (161/2) \cdot \tan 33^\circ = 65,72 \text{ мм};$$

$$V_{Rd, 22} = \pi \cdot 16 \cdot 65,72 \cdot 2,3 \cdot 10^{-3} = 7,60 \text{ кН};$$

$$l'_3 = 118 - (261/2) \cdot \tan 33^\circ = 33,25 \text{ мм};$$

$$V_{Rd, 23} = \pi \cdot 16 \cdot 33,25 \cdot 2,3 \cdot 10^{-3} = 3,84 \text{ кН};$$

$$V_{Rd, c} = \Sigma V_{Rd1i} + \Sigma V_{Rd2i} \leq \Sigma A_{sx1} \cdot f_{yd};$$

$$V_{Rd, c} = 2 \cdot (18,16 + 16,99 + 15,23 + 10,30 + 7,60 + 3,84) = 144,24 \text{ кН} \leq 6 \cdot 2,01 \cdot 43,5 = 524,6 \text{ кН}.$$

Проверочный расчет:

1) продавливание:

$$V_{Rd, ct} = 163,74 \text{ кН} > V_{ed} = 100 \text{ кН/м} \cdot 1,60 \text{ м} = 160 \text{ кН};$$

2) несущая способность анкера:

$$V_{Rdc} = 144,24 \text{ кН} > V_{ed} = (100 \text{ кН/м} \cdot 1,60 \text{ м}) : 2 = 80 \text{ кН};$$

3) несущая способность стали:

$$V_{Rds} = 103,8 \text{ кН} > V_{ed} = (100 \text{ кН/м} \cdot 1,60 \text{ м}) : 2 = 80 \text{ кН}.$$

Определяющим фактором является несущая способность стали.

Инструкции по монтажу анкерных систем Schöck Dorn приведены в прил. 4.

## **Рекомендации к выполнению лабораторной работы «Расчет энергоэффективной анкерной системы Schöck Dorn»**

До начала выполнения работы необходимо изучить теоретический материал, изложенный в настоящем учебно-методическом пособии.

По заданию преподавателя рассчитать предложенный вариант анкерной системы Schöck Dorn с помощью специализированной компьютерной программы.

На защиту лабораторной работы представить письменный отчет (в соответствии с рассчитанным вариантом).

Пояснить полученные результаты.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Анкер. Википедия [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения: 28.05.2015).
2. Принципы анкерного крепления [Электронный ресурс]. URL: <http://stroyfirm.ru/articles/article.php?id=460> (дата обращения: 28.05.2015).
3. Анкерные системы Schöck Dorn [Электронный ресурс]. URL: [http://www.schoeck.ru/ru/produkcija/--52?pf=1&utm\\_campaign=Bannerschaltung+Dorn+April+2015&utm\\_source=dwg.ru&utm\\_medium=Banner](http://www.schoeck.ru/ru/produkcija/--52?pf=1&utm_campaign=Bannerschaltung+Dorn+April+2015&utm_source=dwg.ru&utm_medium=Banner) (дата обращения: 03.06.2016).
4. Энергоэффективные здания / Ю. А. Табунщиков, М. М. Бродач, Н. В. Шилкин. — М. : АВОК-ПРЕСС, 2003. — 100 с.
5. *Feist W.* Erfahrungen objektiv: Messergebnisse aus bewohnten Passivhäusern. Tagungsband zur 4. Passivhaus Tagung. Passivhaus Dienstleistung GmbH, 1. Auflage, Darmstadt 2000.
6. Типы деформационных швов [Электронный ресурс]. URL: <http://www.деформационный-шов.рф/news/370-deformazionniy-shov.html> (дата обращения: 10.10.2016).
7. Огнестойкость строительных конструкций [Электронный ресурс]. URL: [http://allformgsu.ru/publ/pozharnaja\\_bezopasnost/ognestojkost\\_stroitelnykh\\_konstrukcij/25-1-0-148](http://allformgsu.ru/publ/pozharnaja_bezopasnost/ognestojkost_stroitelnykh_konstrukcij/25-1-0-148) (дата обращения: 29.05.2015).
8. Technische information. Schöck Dorn. Schöck Bauteile GmbH, 2012. 52 S.
9. Марка и класс бетона [Электронный ресурс]. URL: <http://www.opora.biz/articles/15> (дата обращения: 03.06.2016).
10. Энциклопедия техники. Несущая способность [Электронный ресурс]. URL: [http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc\\_tech/2848/](http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_tech/2848/) (дата обращения: 03.06.2016).
11. Армирование. Википедия [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения: 03.06.2016).
12. Предел текучести. Википедия [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения: 04.06.2016).

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица П.1.1

**Габаритные размеры огнеупорной манжеты Schöck SLD**

Огнеупорная манжета для SLD	Ширина шва $f$ , мм	Ширина, мм	Высота, мм
SLD 40/50 BSM 20	20	120	120
SLD 40/50 BSM 30	30		
SLD 60 BSM 20	20	140	140
SLD 60 BSM 30	30		
SLD 70 BSM 20	20	160	160
SLD 70 BSM 30	30		
SLD 80 BSM 20	20	150	180
SLD 80 BSM 30	30		
SLD 120 BSM 20	20	170	210
SLD 120 BSM 30	30		
SLD 150 BSM 20	20	190	220
SLD 150 BSM 30	30		

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица П.2.1

**Расчетная таблица для анкера Schöck Dorn SLD  
и бетона класса C20/25**

Тип анкера Schöck Dorn		SLD 40	SLD 50	SLD 60	SLD 70	SLD 80	SLD 120	SLD 150
Толщи- на кон- струк- ции, мм	Ши- рина шва, мм	Несущая способность анкера $V_{Rd}$ для бетона класса C20/25, кН/анкер						
160	20	35,8	46,7					
	30	35,8	46,7					
	40	35,8	46,7					
	50	30,1	40,1					
	60	25,1	33,4					
180	20	39,1	50,8	64,3				
	30	39,1	50,8	64,3				
	40	37,6	50,1	64,3				
	50	30,1	40,1	52,0				
	60	25,1	33,4	43,4				
200	20	42,3	54,7	70,5	73,1			
	30	42,3	54,7	70,5	73,1			
	40	37,6	50,1	65,0	73,1			
	50	30,1	40,1	52,0	73,1			
	60	25,1	33,4	43,4	61,7			
220	20	45,5	58,6	75,1	81,8			
	30	45,5	58,6	75,1	81,8			
	40	37,6	50,1	65,0	81,8			
	50	30,1	40,1	52,0	74,1			
	60	25,1	33,4	43,4	61,7			
250	20	50,2	64,3	81,9	94,1	125,9		
	30	50,2	64,3	81,9	94,1	125,9		
	40	37,6	50,1	65,0	92,6	125,9		
	50	30,1	40,1	52,0	74,1	101,6		
	60	25,1	33,4	43,4	61,7	84,7		

Тип анкера Schöck Dorn		SLD 40	SLD 50	SLD 60	SLD 70	SLD 80	SLD 120	SLD 150
Толщи- на кон- струк- ции, мм	Ши- рина шва, мм	Несущая способность анкера $V_{Rd}$ для бетона класса C20/25, кН/анкер						
280	20	54,8	69,9	88,6	102,8	139,7		
	30	50,2	66,4	84,8	102,8	139,7		
	40	37,6	50,1	65,0	92,6	125,9		
	50	30,1	40,1	52,0	74,1	101,6		
	60	25,1	33,4	43,4	61,7	84,7		
300	20	57,8	73,6	93,0	108,5	149,1	167,9	
	30	50,2	66,4	84,8	108,5	149,1	167,9	
	40	37,6	50,1	65,0	92,6	125,9	167,9	
	50	30,1	40,1	52,0	74,1	101,6	167,9	
	60	25,1	33,4	43,4	61,7	84,7	158,9	
350	20	63,2	80,3	101,1	117,6	172,9	201,6	232,6
	30	50,2	66,4	84,8	116,1	152,0	201,6	232,6
	40	37,6	50,1	65,0	92,6	125,9	201,6	232,6
	50	30,1	40,1	52,0	74,1	101,6	189,4	232,6
	60	25,1	33,4	43,4	61,7	84,7	158,9	232,2

Таблица П.2.2

**Расчетная таблица для анкера Schöck Dorn SLD  
и бетона класса C25/30**

Тип анкера Schöck Dorn		SLD 40	SLD 50	SLD 60	SLD 70	SLD 80	SLD 120	SLD 150
Толщина конструк- ции, мм	Ширина шва, мм	Несущая способность анкера $V_{Rd}$ для бетона класса C25/30, кН/анкер						
160	20	40,4	52,3					
	30	40,4	52,3					
	40	37,6	50,1					
	50	30,1	40,1					
	60	25,1	33,4					
180	20	44,2	57,2	69,3				
	30	44,2	57,2	69,3				
	40	37,6	50,1	65,0				
	50	30,1	40,1	52,0				
	60	25,1	33,4	43,4				
200	20	47,9	61,8	79,3	78,8			
	30	47,9	61,8	79,3	78,8			
	40	37,6	50,1	65,0	78,8			
	50	30,1	40,1	52,0	74,1			
	60	25,1	33,4	43,4	61,7			
220	20	51,6	66,3	84,9	88,1			
	30	50,2	66,3	84,8	88,1			
	40	37,6	50,1	65,0	88,1			
	50	30,1	40,1	52,0	74,1			
	60	25,1	33,4	43,4	61,7			
250	20	57,0	72,9	92,7	102,4	135,6		
	30	50,2	66,4	84,8	102,4	135,6		
	40	37,6	50,1	65,0	92,6	125,9		
	50	30,1	40,1	52,0	74,1	101,6		
	60	25,1	33,4	43,4	61,7	84,7		

Окончание табл. П.2.2

Тип анкера Schöck Dorn		SLD 40	SLD 50	SLD 60	SLD 70	SLD 80	SLD 120	SLD 150
Толщина конструк- ции, мм	Ширина шва, мм	Несущая способность анкера $V_{Rd}$ для бетона класса C25/30, кН/анкер						
280	20	62,4	79,4	100,4	114,8	150,5		
	30	50,2	66,4	84,8	114,8	150,5		
	40	37,6	50,1	65,0	92,6	125,9		
	50	30,1	40,1	52,0	74,1	101,6		
	60	25,1	33,4	43,4	61,7	84,7		
300	20	65,9	83,7	105,5	123,4	160,6	180,9	
	30	50,2	66,4	84,8	116,1	152,0	180,9	
	40	37,6	50,1	65,0	92,6	125,9	180,9	
	50	30,1	40,1	52,0	74,1	101,6	180,9	
	60	25,1	33,4	43,4	61,7	84,7	158,9	
350	20	67,6	85,6	105,7	133,9	178,2	217,2	250,6
	30	50,2	66,4	84,8	116,1	152,0	217,2	250,6
	40	37,6	50,1	65,0	92,6	125,9	217,2	250,6
	50	30,1	40,1	52,0	74,1	101,6	189,4	250,6
	60	25,1	33,4	43,4	61,7	84,7	158,9	232,2



Таблица П.2.3

**Расчетная таблица для анкера Schöck Dorn SLD  
и бетона класса C30/37**

Тип анкера Schöck Dorn		SLD 40	SLD 50	SLD 60	SLD 70	SLD 80	SLD 120	SLD 150
Толщина конструкции, мм	Ширина шва, мм	Несущая способность анкера $V_{Rd}$ для бетона класса C30/37, кН/анкер						
160	20	44,6	55,6					
	30	44,6	55,6					
	40	37,6	50,1					
	50	30,1	40,1					
	60	25,1	33,4					
180	20	48,9	63,1	73,6				
	30	48,9	63,1	73,6				
	40	37,6	50,1	65,0				
	50	30,1	40,1	52,0				
	60	25,1	33,4	43,4				
200	20	53,1	68,3	84,3	83,7			
	30	50,2	66,4	84,3	83,7			
	40	37,6	50,1	65,0	83,7			
	50	30,1	40,1	52,0	74,1			
	60	25,1	33,4	43,4	61,7			
220	20	57,2	73,4	93,8	93,6			
	30	50,2	66,4	84,8	93,6			
	40	37,6	50,1	65,0	92,6			
	50	30,1	40,1	52,0	74,1			
	60	25,1	33,4	43,4	61,7			
250	20	63,3	80,8	102,7	108,9	144,1		
	30	50,2	66,4	84,8	108,9	144,1		
	40	37,6	50,1	65,0	92,6	125,9		
	50	30,1	40,1	52,0	74,1	101,6		
	60	25,1	33,4	43,4	61,7	84,7		

Тип анкера Schöck Dorn		SLD 40	SLD 50	SLD 60	SLD 70	SLD 80	SLD 120	SLD 150
Толщина конструкции, мм	Ширина шва, мм	Несущая способность анкера $V_{Rd}$ для бетона класса С30/37, кН/анкер						
280	20	67,6	85,6	105,7	122,0	160,0		
	30	50,2	66,4	84,8	116,1	152,0		
	40	37,6	50,1	65,0	92,6	125,9		
	50	30,1	40,1	52,0	74,1	101,6		
	60	25,1	33,4	43,4	61,7	84,7		
300	20	67,6	85,6	105,7	137,1	170,7	192,3	
	30	50,2	66,4	84,8	116,1	152,0	192,3	
	40	37,6	50,1	65,0	92,6	125,9	192,3	
	50	30,1	40,1	52,0	74,1	101,6	189,4	
	60	25,1	33,4	43,4	61,7	84,7	158,9	
350	20	67,6	85,6	105,7	139,6	178,2	230,8	266,3
	30	50,2	66,4	84,8	116,1	152,0	230,8	266,3
	40	37,6	50,1	65,0	92,6	125,9	221,6	266,3
	50	30,1	40,1	52,0	74,1	101,6	189,4	266,3
	60	25,1	33,4	43,4	61,7	84,7	158,9	232,2

Таблица П.2.4

**Расчетная таблица для анкера Schöck Dorn SLD Q  
и бетона класса C20/25**

Тип анкера Schöck Dorn		SLD Q 40	SLD Q 50	SLD Q 60	SLD Q 70	SLD Q 80	SLD Q 120	SLD Q 150
Толщина конструк- ции, мм	Шири- на шва, мм	Несущая способность анкера $V_{Rd}$ для бетона класса C20/25, кН/анкер						
160	20	28,6	36,8					
	30	28,6	36,8					
	40	28,6	36,8					
	50	27,1	36,1					
	60	22,6	30,1					
180	20	31,7	40,7	53,0				
	30	31,7	40,7	53,0				
	40	31,7	40,7	53,0				
	50	27,1	36,1	46,8				
	60	22,6	30,1	39,0				
200	20	34,7	44,4	57,5	63,0			
	30	34,7	44,4	57,5	63,0			
	40	33,9	44,4	57,5	63,0			
	50	27,1	36,1	46,8	63,0			
	60	22,6	30,1	39,0	55,6			
220	20	37,6	48,0	61,9	68,7			
	30	37,6	48,0	61,9	68,7			
	40	33,9	45,1	58,5	68,7			
	50	27,1	36,1	46,8	66,7			
	60	22,6	30,1	39,0	55,6			
250	20	41,9	53,3	68,2	77,0	124,2		
	30	41,9	53,3	68,2	77,0	124,2		
	40	33,9	45,1	58,5	77,0	113,3		
	50	27,1	36,1	46,8	66,7	91,5		
	60	22,6	30,1	39,0	55,6	76,2		

Тип анкера Schöck Dorn		SLD Q 40	SLD Q 50	SLD Q 60	SLD Q 70	SLD Q 80	SLD Q 120	SLD Q 150
Толщина конструк- ции, мм	Шири- на шва, мм	Несущая способность анкера $V_{Rd}$ для бетона класса C20/25, кН/анкер						
280	20	46,2	58,5	74,4	85,1	141,9		
	30	45,2	58,5	74,4	85,1	136,8		
	40	33,9	45,1	58,5	83,3	113,3		
	50	27,1	36,1	46,8	66,7	91,5		
	60	22,6	30,1	39,0	55,6	76,2		
300	20	49,0	61,9	78,4	90,3	151,3	156,5	
	30	45,2	59,8	76,3	90,3	136,8	156,5	
	40	33,9	45,1	58,5	83,3	113,3	156,5	
	50	27,1	36,1	46,8	66,7	91,5	156,5	
	60	22,6	30,1	39,0	55,6	76,2	143,0	
350	20	53,8	68,0	85,9	98,7	160,3	173,8	180,2
	30	45,2	59,8	76,3	98,7	136,8	173,8	180,2
	40	33,9	45,1	58,5	83,3	113,3	173,8	180,2
	50	27,1	36,1	46,8	66,7	91,5	170,5	180,2
	60	22,6	30,1	39,0	55,6	76,2	143,0	180,2

Таблица П.2.5

**Расчетная таблица для анкера Schöck Dorn SLD Q  
и бетона класса C25/30**

Тип анкера Schöck Dorn		SLD Q 40	SLD Q 50	SLD Q 60	SLD Q 70	SLD Q 80	SLD Q 120	SLD Q 150
Толщина конструк- ции, мм	Шири- на шва, мм	Несущая способность анкера $V_{Rd}$ для бетона класса C25/30, кН/анкер						
160	20	32,2	41,3					
	30	32,2	41,3					
	40	32,2	41,3					
	50	27,1	36,1					
	60	22,6	30,1					
180	20	35,8	45,8	59,6				
	30	35,8	45,8	59,6				
	40	33,9	45,1	58,5				
	50	27,1	36,1	46,8				
	60	22,6	30,1	39,0				
200	20	39,3	50,1	64,8	71,1			
	30	39,3	50,1	64,8	71,1			
	40	33,9	45,1	58,5	71,1			
	50	27,1	36,1	46,8	66,7			
	60	22,6	30,1	39,0	55,6			
220	20	42,6	54,3	69,8	77,7			
	30	42,6	54,3	69,8	77,7			
	40	33,9	45,1	58,5	77,7			
	50	27,1	36,1	46,8	66,7			
	60	22,6	30,1	39,0	55,6			
250	20	47,6	60,4	77,1	87,2	137,9		
	30	45,2	59,8	76,3	87,2	136,8		
	40	33,9	45,1	58,5	83,3	113,3		
	50	27,1	36,1	46,8	66,7	91,5		
	60	22,6	30,1	39,0	55,6	76,2		

Тип анкера Schöck Dorn		SLD Q 40	SLD Q 50	SLD Q 60	SLD Q 70	SLD Q 80	SLD Q 120	SLD Q 150
Толщина конструк- ции, мм	Шири- на шва, мм	Несущая способность анкера $V_{Rd}$ для бетона класса C25/30, кН/анкер						
280	20	52,5	66,3	84,2	96,5	152,9		
	30	45,2	59,8	76,3	96,5	136,8		
	40	33,9	45,1	58,5	83,3	113,3		
	50	27,1	36,1	46,8	66,7	91,5		
	60	22,6	30,1	39,0	55,6	76,2		
300	20	55,7	70,3	88,9	102,6	160,3	176,7	
	30	45,2	59,8	76,3	102,6	136,8	176,7	
	40	33,9	45,1	58,5	83,3	113,3	176,7	
	50	27,1	36,1	46,8	66,7	91,5	170,5	
	60	22,6	30,1	39,0	55,6	76,2	143,0	
350	20	60,8	77,0	95,1	112,3	160,3	196,7	203,2
	30	45,2	59,8	76,3	104,5	136,8	196,7	203,2
	40	33,9	45,1	58,5	83,3	113,3	196,7	203,2
	50	27,1	36,1	46,8	66,7	91,5	170,5	203,2
	60	22,6	30,1	39,0	55,6	76,2	143,0	203,2

Таблица П.2.6

**Расчетная таблица для анкера Schöck Dorn SLD Q  
и бетона класса C30/37**

Тип анкера Schöck Dorn		SLD Q 40	SLD Q 50	SLD Q 60	SLD Q 70	SLD Q 80	SLD Q 120	SLD Q 150
Толщина конструк- ции, мм	Шири- на шва, мм	Несущая способность анкера $V_{Rd}$ для бетона класса C30/37, кН/анкер						
160	20	35,5	45,4					
	30	35,5	45,4					
	40	33,9	45,1					
	50	27,1	36,1					
	60	22,6	30,1					
180	20	39,5	50,4	65,6				
	30	39,5	50,4	65,6				
	40	33,9	45,1	58,5				
	50	27,1	36,1	46,8				
	60	22,6	30,1	39,0				
200	20	43,4	55,3	71,4	78,4			
	30	43,4	55,3	71,4	78,4			
	40	33,9	45,1	58,5	78,4			
	50	27,1	36,1	46,8	66,7			
	60	22,6	30,1	39,0	55,6			
220	20	47,2	60,0	77,1	85,9			
	30	45,2	59,8	76,3	85,9			
	40	33,9	45,1	58,5	83,3			
	50	27,1	36,1	46,8	66,7			
	60	22,6	30,1	39,0	55,6			
250	20	52,8	66,8	85,3	96,6	146,5		
	30	45,2	59,8	76,3	96,6	136,8		
	40	33,9	45,1	58,5	83,3	113,3		
	50	27,1	36,1	46,8	66,7	91,5		
	60	22,6	30,1	39,0	55,6	76,2		

Тип анкера Schöck Dorn		SLD Q 40	SLD Q 50	SLD Q 60	SLD Q 70	SLD Q 80	SLD Q 120	SLD Q 150
Толщина конструк- ции, мм	Шири- на шва, мм	Несущая способность анкера $V_{Rd}$ для бетона класса С30/37, кН/анкер						
280	20	58,4	73,6	93,3	107,1	160,3		
	30	45,2	59,8	76,3	104,5	136,8		
	40	33,9	45,1	58,5	83,3	113,3		
	50	27,1	36,1	46,8	66,7	91,5		
	60	22,6	30,1	39,0	55,6	76,2		
300	20	60,8	77,0	95,1	113,9	160,3	195,2	
	30	45,2	59,8	76,3	104,5	136,8	195,2	
	40	33,9	45,1	58,5	83,3	113,3	195,2	
	50	27,1	36,1	46,8	66,7	91,5	170,5	
	60	22,6	30,1	39,0	55,6	76,2	143,0	
350	20	60,8	77,0	95,1	124,9	160,3	217,7	224,3
	30	45,2	59,8	76,3	104,5	136,8	217,7	224,3
	40	33,9	45,1	58,5	83,3	113,3	199,4	224,3
	50	27,1	36,1	46,8	66,7	91,5	170,5	224,3
	60	22,6	30,1	39,0	55,6	76,2	143,0	209,0

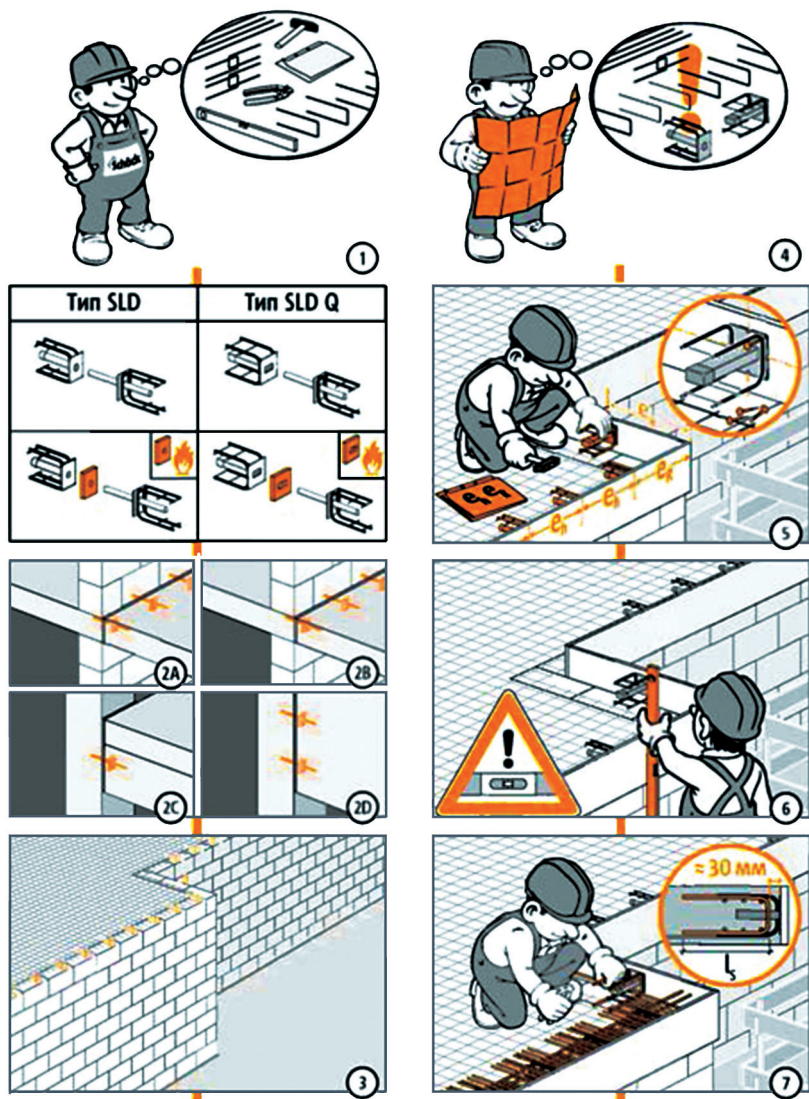


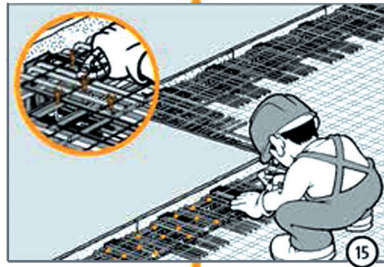
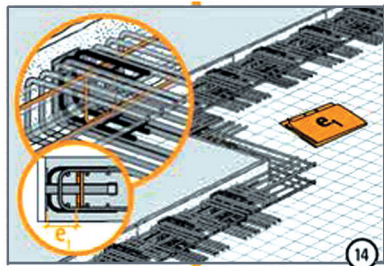
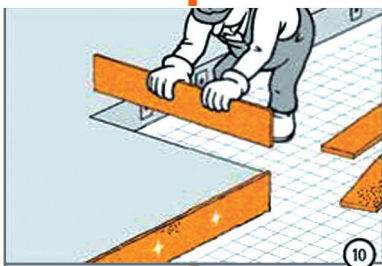
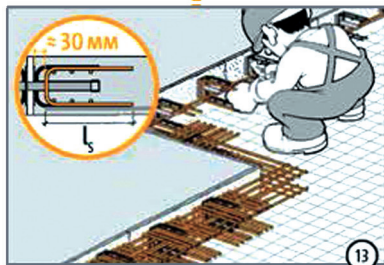
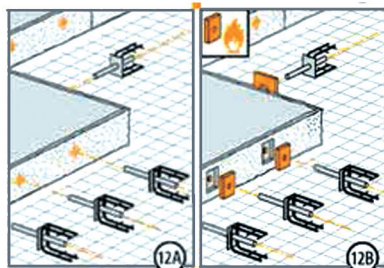
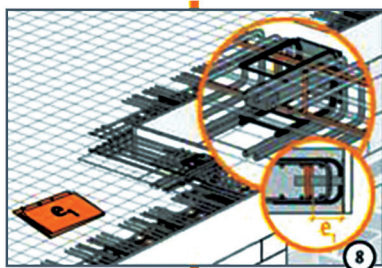
Таблица П. 3.1

**Минимальные размеры конструкции анкерной системы**

Размеры, мм		Минимальные размеры конструкции, мм			Минимальное расстояние между анкерами, мм		Минимальное расстояние от края по горизонтали $e_{R, \min}$ , мм
		Толщина плиты $h_{\min}$	Толщина стены $b_w$	Ширина балки $b_u$	по горизонтали $e_{h, \min}$	по вертикали $e_{v, \min}$	
SLD	40	160	185	240	240	120	120
	50		200				
	60	180	215	270	270	140	135
	70	200	255	300	300	160	150
	80	240	275	360	360	200	180
	120	300	$460 + c_{\text{nom}}$	450	450	215	225
	150	350	$460 + c_{\text{nom}}$	530	530	235	265
SLD Q	40	160	200	240	240	120	120
	50		210				
	60	180	215	270	270	140	135
	70	200	250	300	300	160	150
	80	240	$305 + c_{\text{nom}}$	360	360	200	180
	120	300	$460 + c_{\text{nom}}$	450	450	215	225
	150	350	$540 + c_{\text{nom}}$	530	530	235	265

# Инструкция по монтажу анкерной системы





## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	3
Глава 1. Понятие деформационных швов .....	6
1.1. Предназначение деформационного шва.....	6
1.2. Устройство деформационных швов.....	8
Глава 2. Анкерная система Schöck Dorn, тип SLD.....	11
2.1. Цели применения и конструкция механизма анкерной системы Schöck Dorn, тип SLD.....	11
2.2. Варианты соединений строительных конструкций с помощью анкерных систем Schöck Dorn, тип SLD.....	15
2.3. Огнеупорная манжета Schöck, применяемая в анкерной системе Schöck Dorn .....	18
Глава 3. Основы расчета анкерных систем Schöck Dorn.....	20
3.1. Расчет температурно-деформационных швов.....	20
3.2. Расчет анкерной системы с помощью таблиц.....	21
3.3. Определение критического расстояния между анкерами .....	22
3.4. Выбор анкера из расчетной таблицы в зависимости от класса бетона, толщины конструкции, типа анкера и максимальной ширины шва .....	24
3.5. Определение минимально необходимой степени армирования края конструкции .....	25
3.6. Расчет анкерных систем Schöck Dorn-SLD с помощью специализированной программы.....	27
Глава 4. Расчеты элемента Schöck Dorn, тип SLD .....	31
4.1. Расчет плиты на продавливание .....	31
4.2. Расчет на несущую способность анкерной системы .....	34
4.3. Пример расчета анкерной системы Schöck Dorn, тип SLD, для соединения «плита перекрытия — стена» .....	35
Рекомендации к выполнению лабораторной работы «Расчет энергоэффективной анкерной системы Schöck Dorn» .....	41
Библиографические ссылки .....	42
<i>Приложение 1</i> .....	43
<i>Приложение 2</i> .....	44
<i>Приложение 3</i> .....	56
<i>Приложение 4</i> .....	57

*Учебное издание*

Плешков Сергей Юрьевич  
Черкас Валери  
Павлов Николай Григорьевич

## РАСЧЕТ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ АНКЕРНОЙ СИСТЕМЫ SCHÖCK DORN

Учебно-методическое пособие

Заведующий редакцией	<i>М. А. Овечкина</i>
Редактор	<i>Т. А. Федорова</i>
Корректор	<i>Т. А. Федорова</i>
Оригинал-макет	<i>Л. А. Хухаревой</i>

План выпуска 2017 г. Подписано в печать 04.08.17.  
Формат 60×84<sup>1/16</sup>. Бумага офсетная. Цифровая печать.  
Усл. печ. л. 3,49. Уч.-изд. л. 2,8. Тираж 50 экз. Заказ 130.

Издательство Уральского университета  
Редакционно-издательский отдел ИПЦ УрФУ  
620083, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4.  
Тел.: +7 (343) 389-94-79, 350-43-28  
E-mail: rio.marina.ovechkina@mail.ru

Отпечатано в Издательско-полиграфическом центре УрФУ  
620083, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4.  
Тел.: +7 (343) 358-93-06, 350-58-20, 350-90-13  
Факс +7 (343) 358-93-06  
<http://print.urfu.ru>



### **Плешков Сергей Юрьевич**

Кандидат экономических наук, доцент кафедры гидравлики, заместитель директора Строительного института УрФУ. Автор более 50 научных публикаций и учебно-методических пособий. В 2014–2015 гг. прошел обучение в Германии, связанное с энергоэффективным строительством. В 2016 г. обучался в Италии в рамках международной образовательной программы по энергоэффективным технологиям освещения. Область научных интересов – экономические аспекты энергоэффективного строительства в России, строительство в стандарте «пассивного дома», энергоэффективные светотехнические системы на основе полых трубчатых световодов, экономическая устойчивость строительного предприятия в период экономических кризисов. Кандидат в мастера спорта по лыжным гонкам и спортивному ориентированию.



### **Черкас Валери**

Дипломированный инженер-конструктор фирмы Schöck Bauteile GmbH, Германия (международный производитель инновационных инженерных решений в сфере жилого и нежилого строительства). Окончил Технический университет в Дармштадте (Земля Гессен, Германия), диплом инженера-строителя в области проектирования зданий и сооружений. Специализируется на разработке конструктивных решений с использованием технологии Schöck Isokorb®, направленной на минимизацию энергопотребления и вредного воздействия на окружающую среду при эксплуатации зданий и сооружений. Соавтор нескольких научных публикаций, связанных с оптимизацией энергоэффективности строительства путем ликвидации «мостиков холода».



### **Павлов Николай Григорьевич**

Глава представительства компании Schöck Bauteile GmbH (Германия) в России и странах СНГ (с 2013 г.). Окончил Московский авиационный институт по специальностям «Системы управления, информатика и электроэнергетика» и «Экономика и управление на предприятии» (2006). Работал в компаниях – производителях строительных материалов. С 2011 г. – сотрудник компании Schöck Bauteile GmbH, осуществляющей разработку, производство и продажу продукции, предназначенной для энергоэффективного строительства.